

東大院理 ○鈴木隆行、 峰本紳一郎、 酒井広文

現在、フェムト秒パルスの波形整形技術は、化学反応の制御や分子内に励起された核波束の制御など多くの研究に応用されている。特に最近は、単一パルス内で偏光状態が時間的に変化するパルスも整形可能であることが示され、このようなパルスの最適化制御実験への応用が注目されている。実際、筆者らのグループでは、配向したヨウ素分子を対象とした多光子イオン化の実験において、偏光状態の時間変化を最適化することによって、生成される多価イオンの価数の偶奇性を制御することに成功した[1]。この実験結果を説明するための理論研究も進行中である。時間依存偏光パルスを用いた最適制御理論の予測を検証するためには、実験者の指定したとおりに時間変化する偏光状態を実現する必要がある、今回そのための技術開発を行った。

任意に時間変化する偏光状態を実現するためには、直交する 2 つの偏光成分の強度や位相を遅延時間まで含めて制御する必要がある。その第一段階として、超短パルスの特性を評価する手法のひとつである TADPOLE(Temporal Analysis of Dispersing by a Pair Of Light *E*-fields) 法を用い、一方の偏光成分の周波数領域または時間領域の強度と位相を測定し、それをフィードバックの指標として、目的のパルスに整形することを試みた。上述のとおり、この手法を直交する 2 つの偏光成分に対して適用することで、偏光状態の時間変化を任意に制御できるようになる。有限回のフィードバックで効率良く目的のパルス波形に整形するための最適化アルゴリズムとして、遺伝的アルゴリズム(Genetic Algorithm: GA)を採用した。遺伝的アルゴリズムは生物の進化形態を模倣したもので、短時間に比較的良好な解を探索できることが知られている。

まず、TADPOLE 法により測定した周波数領域の位相をフィードバックの指標とした。具体的には、ターゲットとなる位相を波長の関数として指定し、各波長における位相の測定値とターゲットとの差をスペクトル強度で重み付けし、その総和を偏差として定義した。ターゲットとして定数関数を指定すれば、時間領域で最短の幅を持つパルスが最適解として得られるはずである。GA を用い、偏差が小さくなるようにフィードバックした結果が Fig. 1 である。ランダムに位相を変調したパルスを出発点として、60 世代にわたり進化させた結果、入射パルスとほぼ同等な 50 fs 幅のパルスが得られた(Fig. 2)。

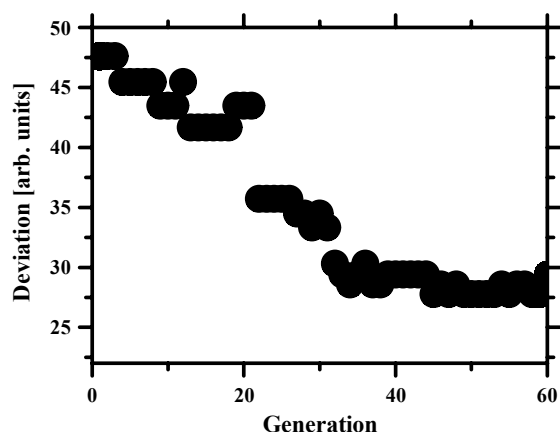


Fig. 1. Reduction history of deviation from the target signal.

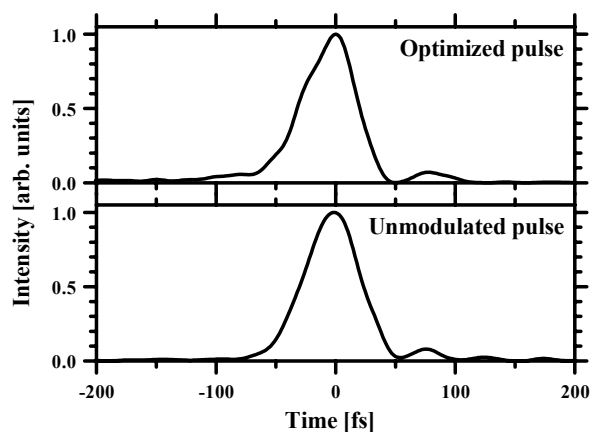


Fig. 2. Temporal intensity profiles of the optimized and unmodulated pulses.

次に時間領域の波形を指標として、指定した遅延時間を持つ最短パルスターゲットとしたフィードバックを行った。目標となる遅延時間からの強度の広がり(分散)を評価し、この分散が小さくなるように最適化した。この場合には、指定した遅延時間を持つ最短パルスが得られるはずである。遅延時間として 1000 fs を指定した場合に、進化とともに分散が減少していく様子を Fig. 3 に、また、進化の過程における波形の変遷を Fig. 4 に示す。Fig. 4 から、はじめの 25 世代ほどで短パルス化と大まかな遅延時間の最適化が進み、その後、正確に遅延時間が制御されていることが分かる。50 世代目には、ほぼ目的の波形を持つパルスが得られた。

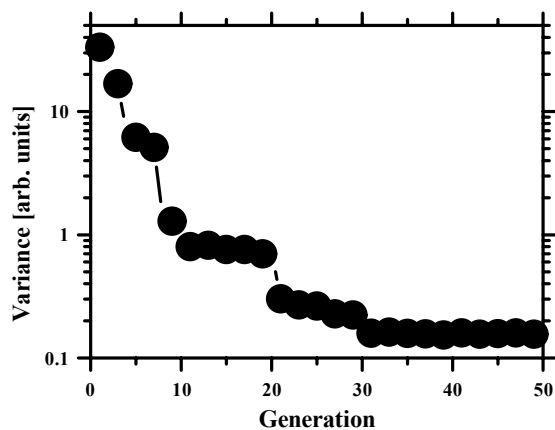


Fig. 3. Reduction history of the variance of measured signals from target.

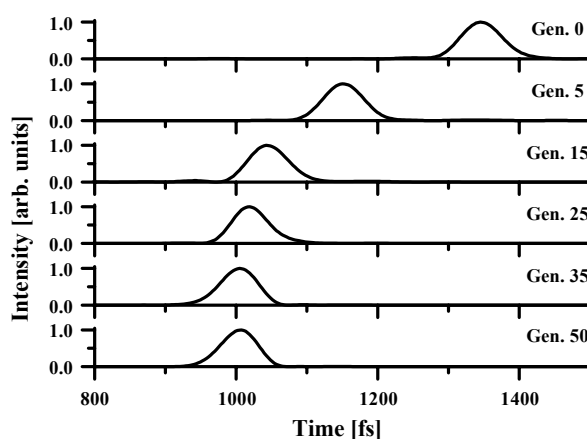


Fig. 4. Evolution of the temporal intensity profiles at respective generations.

一方、直交する 2 つの偏光成分に対して TADPOLE 法を用いることにより偏光状態の時間変化を解析することができる [POLLIWOG (POLarization Labeled by Interference versus Wavelength of Only a Glint)]。講演では偏光状態の時間変化の制御に、POLLIWOG 法を利用した場合もあわせて議論する。